

◆ 원 저 ◆

## 복부일반촬영시 선원과 검출기간의 거리변화에 따른 영상 화질 및 피폭선량에 관한 연구

장지성 · 최원근 · 정재연 · 이관섭 · 하동윤  
서울아산병원 영상의학팀

A Study on Patients Dose and Image Quality according to Source to Image receptor Distance in Abdomen Radiography: comparison of ESD measured and DRLs in other countries.

Ji-Sung Jang · Weon-Keun Choi · Jae-Yon Jung · Kwan-Sub Lee · Dong-Yoon Ha  
Department of Radiology, Asan Medical Center

### Abstract

**Purpose** : The purpose of this study was to reduce Entrance Surface Dose and maintain image quality by changing Source to Image receptor Distance. And we'd like to compare ESD on this study to DRLs in other countries.

**Materials and Methods** : We used indirect DR system(Definium 8000, General Electric, USA)and phantom(ART-200X, Flukebiomedical, USA),glass dosimeters(GD-352M, Asahi Techno Glass, Japan)for this study. The imagies were obtained throuh 80kVp fixed, and different tube currents using AEC mode in 16x16(inch) field size and changing Source to Image receptor Distance from 100 cm to 130 cm per 10 cm unit. The phantom with attaching 5 glass dosimeters on abdomonal skin was set at supine and erect position as a anterioposterial projection on detector For measuring Entrance Surface Dose. Image analysis was conducted by histograms of Image J(1.46r) which was given from National Institutes of Health(NIH).

**Results** : Due to inverse square law of distance, the tube currents were increasing 42.6 % in supine position and 32.6 % in erect position according to the change of Source to Image receptor Distance. While Entrance Surface Doses were rapidly decreasing 14.2 % in supine position and 29.4 % in erect posi-

---

Received: September 14, 2012, 1st Revised: September 28, 2012, /  
2nd Revised: October 19, 2012./ Accepted for Publication: October  
26, 2012.

Corresponding Author: 장지성  
(138-736) 서울시 송파구 서울아산병원길 86 영상의학팀  
Tel: 02) 3010-4307 CP: 011-9088-8787  
E-mail: etmira@naver.com

tion according to the change of Source to Image receptor Distance. As the results of histogram using Image J, pixel mean values from 100 cm to 110 cm, 120 cm and 130 cm were decreasing each 1.4%, 2.5%, 2.7%, 4.5%, 2.2 %, 5.8 % in supine, erect position. While standard deviations from 100 cm to 110 cm, 120 cm and 130 cm were increasing each 1.4 %, 2.5 %, 2.5 %, 4.0 %, 2.0 %, 4.9 %

Consequently, there are no significant differences in abdomen images taken.

Conclusion: As the results described above, we strongly recommend using long Source to Image receptor Distance than 100cm that we have been using. So, we should deliver less Entrance Surface Dose to the patients while maintaining image quality in abdomen radiography.

**Key words** : Entrance Surface Dose, Histogram, Diagnostic Reference Level, Image J

## I. 서론

현대 의료에 있어 질병의 진단과 치료에 필수적 요소가 된 인공 방사선은 인위적으로 인간이 만들어낸 의료 피폭 중 환자들에게 조사하는 가장 많은 비중을 차지하고 있으며 세계보건기구(WHO)의 발표에 따르면 연간 방사선 피폭 총량의 약 20%에 달하고 있다고 한다.<sup>1</sup> 이러한 방사선의 이용은 질병의 진단 및 치료에 이용하여 인간의 건강을 보호하고 건강증진에 기여하고 있다. 오늘날 방사선의 이용가치가 급격하게 발전되어 의학, 공학, 이공학 등의 다양한 분야에서 광범위하게 이용되고 있다. 그 중 의료기관에서 방사선을 이용한 영상의학 검사는 방사선에 의한 손해보다는 환자가 받는 진단 정보에 관한 이득이 많아 정당성을 확보하여 의료분야에 사용하고 있다. 예전에는 의료기관에서 피폭하는 방사선량에 대해서는 비교적 관대하거나 무관심하였으나, 최근 삶의 질 향상과 더불어 건강증진에 대한 국민적 관심과 각종진료에 방사선 검사가 빈번히 적용됨에 따라 각 언론과 인터넷 등을 통해 국민들의 방사선 피폭에 대한 관심은 크게 증가하였다. 또 한 환자 및 보호자의 의식수준 향상으로 피폭선량이 민감한 이슈로 등장하면서 환자에 따라서는 검사 받은 피폭선량에 대한 문의와 불만도 제기하고 증가하고 있는 실정이다. 그리고 유럽위원회(EC)나 경제협력개발기구(OECD)국가에서 조사한 자료에 의하면 동일한 유형의 방사선진단과정에서 받는 환자의 피폭이 의료기관에 따라 10배에서 20배의 차이가 있음이 밝혀진바 있다.<sup>2</sup> 이는 동일한 유형의 검사에서 환자가 받는 선량은 검사장소나 검사장비 또는 검사하는 사람에 따라 많은 차이를 나타낸다는 의미

이기도 하고, 한편으로는 최적화된 촬영기법, 표준화된 촬영프로토콜, 가이드라인 등을 통해서 선량을 감소시킬 수 있다는 의미이다. 그리하여 국제원자력기구(International Atomic Energy Agency ; IAEA) 및 국제방사선방호위원회(International Commission on Radiological Protection ; ICRP) 등에서는 진단방사선 영역에서의 의료피폭에 대한 권고선량 및 진단참고준위를 제시하게 되었으며,<sup>3,4</sup> 미국, 일본 및 기타유럽 등에서도 방사선선량 측정 및 관리 등에 관한 자료를 발표하고 있다. 또 한, 우리나라에서도 식품의약품안전청을 중심으로 활발한 연구를 통해 환자선량측정 가이드라인을 제시하였다.<sup>5</sup> 이 중에서 흉부 일반촬영 다음으로 가장 많이 검사되고 있는 복부일반촬영은 환자에게 있어 진단영역이 넓은 검사 중 하나이며, 보통 복부 누운자세(Abdomen Supine)와 복부 선자세(Abdomen Erect)를 하나의 시리즈로 촬영하고 있어 다른 일반촬영검사에 비해 많은 의료피폭을 받고 있다. 그래서 복부일반촬영의 선량 저감화 방안으로 디지털영상장치의 촬영거리를 변화시켜 영상의 질을 저하하지 않는 범위에서 환자가 받게 되는 입사표면선량(Entrance Surface Dose; ESD)을 줄이고자 하였고, 최근에 식품의약품안전청에서 발표한 복부, 골반, 요추 영상의학 검사에서의 환자선량 권고량 가이드라인과<sup>6</sup> 다른나라에진단참고준위를비교하여환자의피폭선량을저감화하고자하였다.

## II. 실험 대상 및 방법

### 1. 실험장지 및 인체 모형, 유리선량계

본 연구에 사용된 X-선 발생장치는 간접방식의 디지털영상장치(Definium 8000, General Electric, USA)를 사용하였다. 인체모형으로는 신장 175 cm, 체중 73.5 kg인 등가물질로 구성되어진 phantom(ART-200X, Flukebiomedical, USA)을 사용하였고, 선량측정을 위해 저에너지(25 keV~125 keV)영역에 대한 에너지를 보상하기 위해 Sn필터가 부착되어 있는 유리선량계(GD-352M, Asahi Techno Glass, Japan)를 가지고 열처리(Annealing)과정과 전열처리(Pre-heat)과정을 거쳐 사용하였다.<sup>7</sup>

### 2. 촬영 조건 및 인체모형의 자세변화와 선원과 검출기간의 거리 변화

실제 임상에서 검사하는 동일한 방법으로 인체모형을 전후 방향으로 누운자세와 선자세로 검출기에 위치시킨 후, 관전압은 80 kVp로 고정하고, 관전류량은 자동노출제어장치(Auto Exposure Control; AEC)를 사용하였고, 조사야의 크기는 16X16 (Inch)로 하여 실험하였다. 또한, 선원과 검출기간의 거리(Source to Image receptor Distance; SID)를 100 cm에서 10 cm단위로 130 cm까지 변화시켜 실험을 진행하였다.

### 3. 유리선량계를 이용한 입사표면선량 측정

등가물질로 구성된 인체모형팬텀 복부 표면에 X-선이 입사되는 중심선속에 유리소자를 부착하여 조사하였고, 조사가 끝난 유리소자는 선량안정화를 위해 Preheat를 실시하고 환자선량측정관독기(FGD-1000, Asahi Techno Glass, Japan)를 사용하여 입사표면선량을 측정하였다. 실험의 선량측정의 정확성을 높이기 위해 유리선량계는 평행하게 5개씩 부착하여 누운자세와 선자세에서 선원과 검출기간의 거리를 100 cm부터 10 cm 단위로 130 cm까지 변화를 주어 입사표면선량을 구하였다.

### 4. 영상분석

실험을 통해 획득한 영상을 의료영상저장전송시스템에 저장하고 JPEG 영상파일 형식으로 변환하여, 미국 국립보건원(National Institutes of Health; NIH)에서 제공하는 Image J(1.46r)프로그램을 사용하여 각각의 히스토그램을 구하여 선원과 검출기간의 거리와 자세변

화에 따른 픽셀의 평균값과 표준편차를 분석하였다. 영상이 가지는 전체 화소에서 각각의 농도 값을 갖는 화소의 개수를 그래프로 나타내는 히스토그램은 X축에 농도 값, Y축에 각 농도 값을 가진 빈도수를 나타낸다. 어두운 영상은 농도 값 분포가 좌측으로 치우치며 밝은 영상은 우측으로 편중되어 나타낸다. 전체적으로 높은 명암 대조도를 갖는 히스토그램은 모든 화소 값 범위에 고르게 분포된다.<sup>8</sup>

## III. 결과

### 1. 선원과 검출기간의 거리와 인체모형 자세변화에 따른 관전류량 및 입사표면선량 측정 값

본 실험 결과 관전류량은 선원과 검출기간의 거리변화에 따라 증가하였으며, supine position과 erect position의 130 cm에서 각각 최대값을 보였고, 입사표면선량은 관전류량과 반대로 선원과 검출기간의 거리변화에 따라 supine position과 erect position의 130 cm에서 각각 최소값을 나타냈다. 한편, supine position에서 선원과 검출기간의 거리변화에 따라 관전류량은 42.6 % 증가, 입사표면선량은 14.2 % 감소하였고, erect position에서는 선원과 검출기간의 거리변화에 따라 관전류량은 32.6 % 증가, 입사표면선량은 29.4 % 감소하였다(Table 1,2).

Table 1. Measured mAs and ESD by changing SID in supine position.

Distance (SID)	Position	kVp	mAs	ESD (mGy)
100 cm	Supine	80	17.07	2.2572
110 cm	Supine	80	20.6	2.072
120 cm	Supine	80	24.96	1.9934
130 cm	Supine	80	29.76	1.9358

Table 2. Measured mAs and ESD by changing SID in erect position.

Distance (SID)	Position	kVp	mAs	ESD (mGy)
100 cm	Erect	80	18.63	2.4584
110 cm	Erect	80	21.18	2.0746
120 cm	Erect	80	23.89	1.903
130 cm	Erect	80	27.66	1.7346

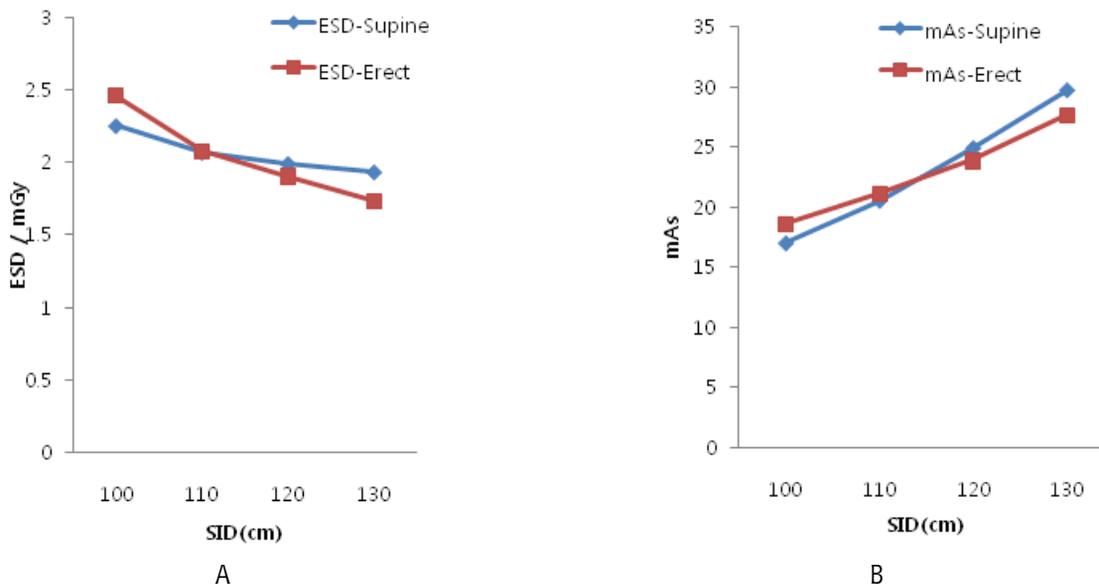


Fig. 1. Distribution of ESD(A) and mAs(B) according to the change of SID and position

Distance (SID)	Examination	Projection	Diagnostic Reference Levels (mGy)				
			ESD Measured (supine/erect)	Korea6) (2011)	UK6) (2005)	Germany6) (2003)	Japan9)
100 cm	Abdomen	AP	2.25/2.45	2.74	4.22	10	2.31
110 cm	Abdomen	AP	2.07/2.07	-	-	-	-
120 cm	Abdomen	AP	1.99/1.90	-	-	-	-
130 cm	Abdomen	AP	1.93/1.73	-	-	-	-

## 2. 본 연구에서 측정된 입사표면선량과 국가별 환자선량 권고량의 비교

본 연구에서 실험하여 측정된 입사표면선량을 국가별 환자선량 권고량과 비교해 본 결과 100 cm-erect position에서의 입사표면선량 값만 일본의 환자선량 권고량보다 높을 뿐 모든 국가별 환자선량 권고량보다 낮게 나타났다(Table 3).

## 3. Image J를 이용한 영상 분석

의료영상저장전송시스템에 저장된 영상(Fig. 2,3)을 JPEG 영상 파일 형식으로 변환 후 미국국립보건원에서 제공하는 Image J 프로그램을 이용하여 히스토그램을 비교, 분석한 결과 픽셀의 평균값은 거리가 100 cm에서 110 cm로 증가시 supine과 erect에서 각각 1.4 %, 2.5

%, 100 cm에서 120 cm로 증가시 각각 2.7 %, 4.5 %, 100cm에서 130 cm로 증가시 각각 2.2 %, 5.8%의 감소를 보였다(Table 3).

반면에 표준편차는 거리가 100 cm에서 110 cm로 증가시 supine과 erect에서 각각 1.4 %, 2.5 %, 100 cm에서 120 cm로 증가시 각각 2.5 %, 4.0 %, 100cm에서 130 cm로 증가시 각각 2.0 %, 4.9%의 증가를 보였다(Table 3). 또 한, 선원과 검출기간의 거리변화와 자세변화에 따라 평균적인 영상의 농도가 전체적으로 조금씩 좌측으로 이동하였고, 높은 명암 대조도를 갖는 히스토그램의 분포를 보여, 전체적인 영상의 변화는 큰 차이가 나타나지 않았다(Fig. 4,5).

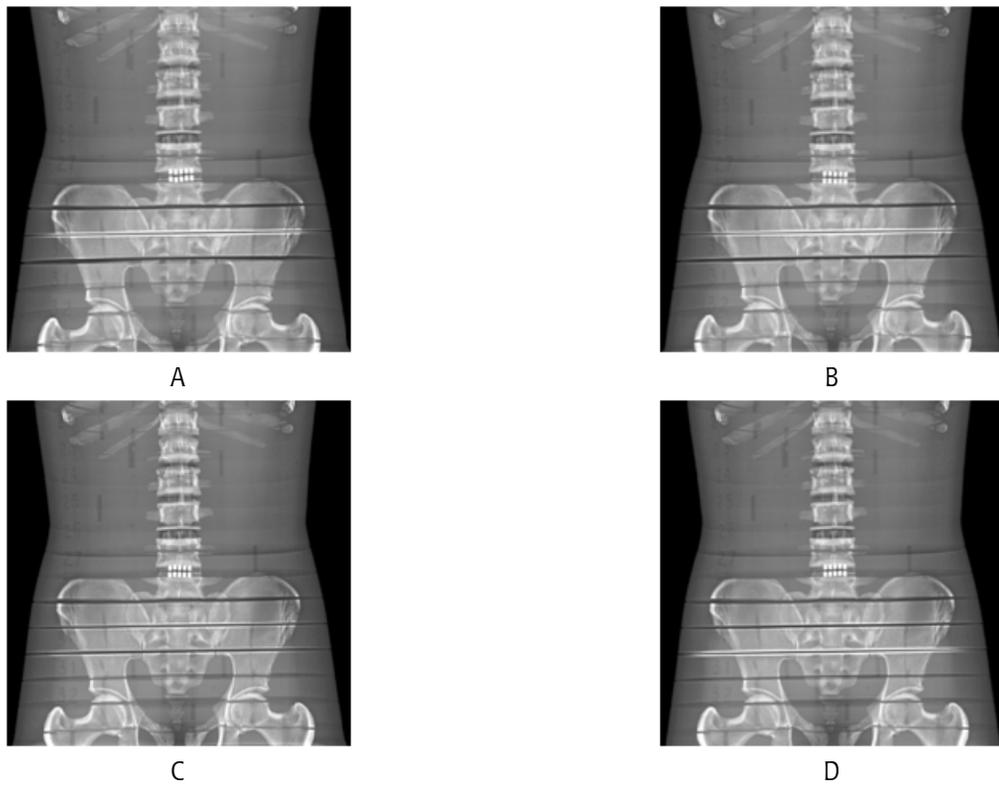


Fig. 2. The abdomen supine images of the Rando Phantom according to the change of SID (A: 100 cm, B: 110 cm, C: 120 cm, D: 130 cm)

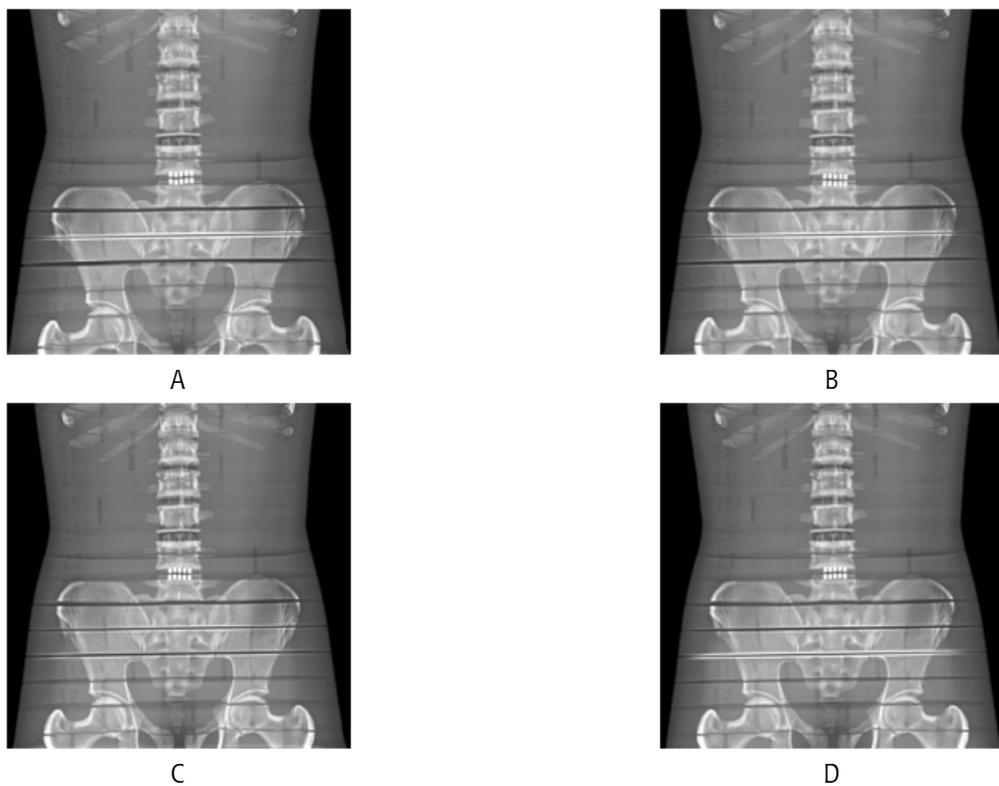


Fig. 3. The abdomen erect images of the Rando Phantom according to the change of SID. (A: 100 cm, B: 110 cm, C: 120 cm, D: 130 cm)

Table 3. Mean and SD on histogram according to the change of SID and Position

Distance (SID)	Position	Mean	SD
100 cm	Supine	109.039	57.533
110 cm	Supine	107.422	58.390
120 cm	Supine	105.998	59.032
130 cm	Supine	106.594	58.728
100 cm	Erect	107.488	58.566
110 cm	Erect	104.700	60.085
120 cm	Erect	102.800	61.039
130 cm	Erect	101.253	61.632

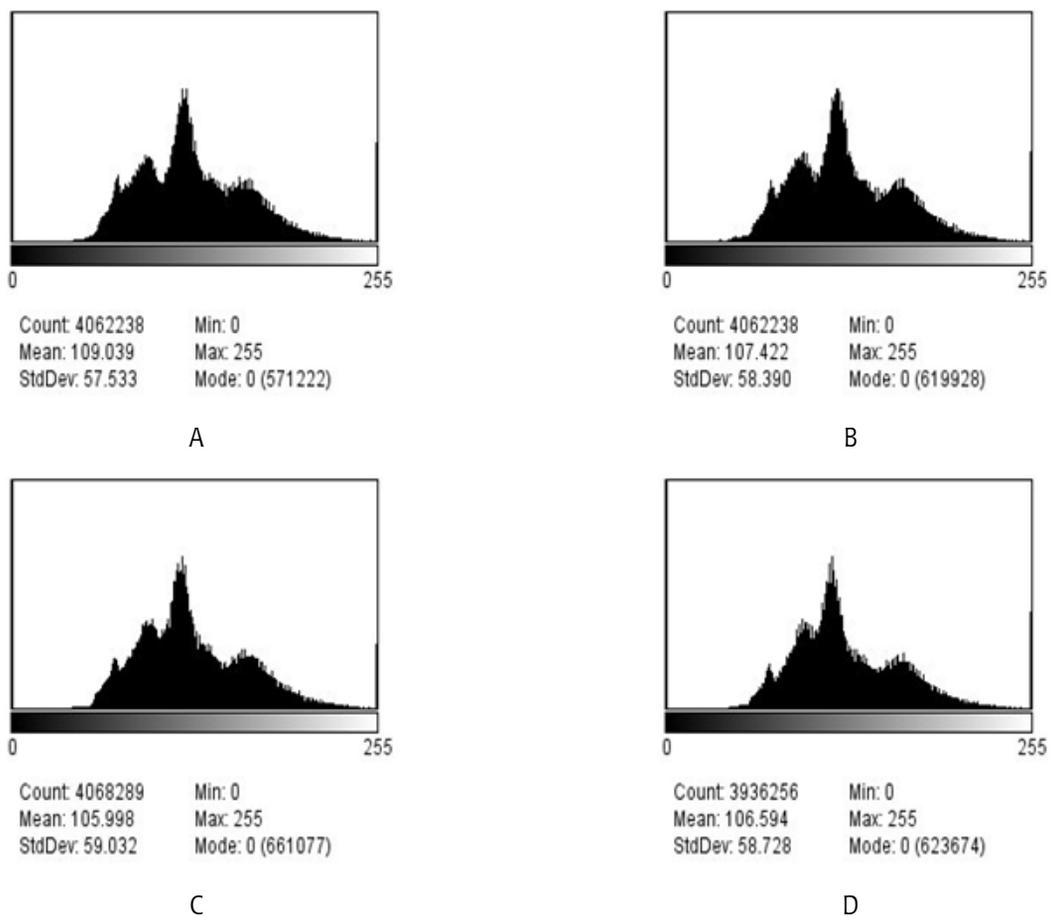


Fig. 4. Distribution of the histogram according to the change SID in supine position.  
(A: 100cm, B: 110 cm, C: 120 cm, D: 130 cm)

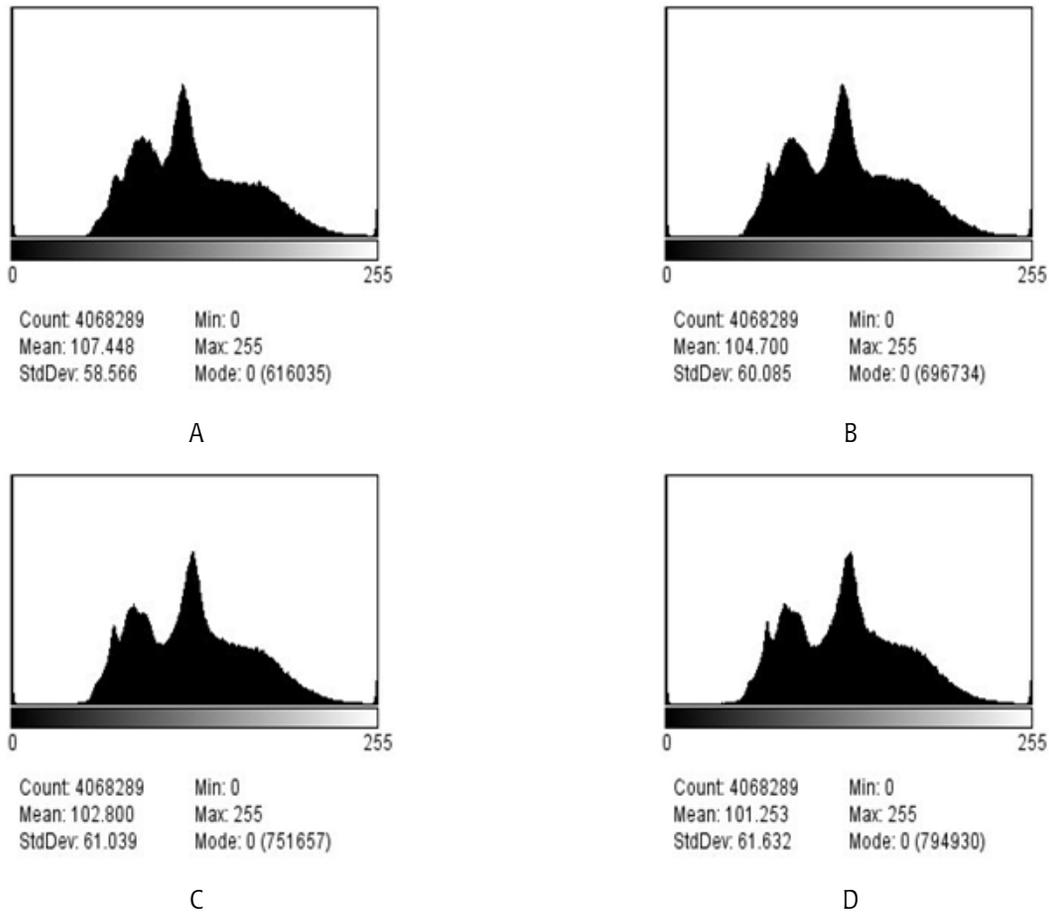


Fig. 5. Distribution of the histogram according to the change SID in erect position.  
(A: 100cm, B: 110 cm, C: 120 cm, D: 130 cm)

#### IV. 고찰 및 결론

최근 의료방사선검사의 증가로 인해 방사선 분야에서 가장 큰 이슈 중에 하나는 환자의 피폭선량을 저감화 동시에 진단정보를 최대화하는 방안에 관한 것이다. 여러 분야에서 의료방사선의 피폭을 줄이기 위해 연구가 진행되고 있지만, 정작 Digital Radiography 분야의 발달과 보급으로 기존에 Computed Radiography 분야보다 영상의 질은 좋으나 방사선 피폭량은 매우 다양하여 기존 방식보다 더 많을 수도 있고 더 낮을 수도 있다고 보고되었다.<sup>10</sup> 또 한, 같은 검사라 하더라도 방사선 촬영장비의 조건에 따라 방사선사에 의한 기술적 방법에 따라 환자에게 주는 피폭선량은 매우 다르게 나타날 수 있다.

그래서 본 연구에서는 피폭선량을 저감화 하기 위해서 선량과 화질에 영향을 주는 인자들 중 선원과 검출

기간의 거리의 변화를 주었으나, 그 거리는 격자의 focal distance의 문제로 인해 130 cm까지만 국한되어 좀 더 세분화하지 못하였고, 격자비(supine - 10:1, erect - 12:1)가 서로 다른 관계로 자동노출제어장치에서 관전류량에 차이가 발생하여 입사표면선량도 약간의 차이가 발생하였다. 실제 병원마다 다양한 종류의 촬영기기를 사용하고, X-선의 장치적인 측면과 검사실의 구조, 실제 환자를 촬영할 때에 환자의 체격, 체질량지수 등 기타 다른 변수가 작용하기 때문에 여기서 제시된 촬영자세와 자동제어노출장치 그리고 선원과 검출기간의 거리에 따른 입사표면선량의 수치를 절대적인 결과로 여길 수는 없을 것이다. 그리고 본 연구에서 측정된 입사표면선량과 비교시 사용된 국가별 환자선량 권고량은<sup>6</sup> 2000년대 초반에 제시되었던 권고량임으로 그 차이가 커서 현실적이지 못한 부분도 있었다.

또, 한 영국에서 X-ray 검사의 전형적 선량비교에 따르면 simple abdomen 검사시 유효선량을 1 mSv로 기술하고<sup>11</sup> 있지만 그 외에 추가적인 연구로 아직까지 유효선량에 대한 가이드라인이 없는 실정이다. 따라서 추가적으로 유효선량에 대한 연구와 실험을 통해 입사표면선량과 같은 유효선량에 대한 가이드라인을 제시할 필요가 있다.

일반방사선촬영에서 선원과 검출기간의 거리 증가는 방사선 영상의 기하학적인 불선예도를 감소시킬 수 있으며, 이는 영상의 확대 및 반음영 등을 감소시켜 영상의 왜곡을 줄일 수 있다.<sup>12</sup>

본 연구에서는 선원과 검출기간의 거리 변화를 통해 조사조건은 증가하지만, 한 점에서 발생하는 빛의 강도는 거리 자승에 반비례하여 감소하는 거리 역자승의 법칙으로 인해 입사표면선량은 감소함을 알 수 있었다. 또, 한 선원과 검출기간의 거리 변화와 자세변화에 따라 입사표면선량과 조사조건이 차이가 나타났지만 영상의 히스토그램의 분포는 차이가 거의 없다는 것을 확인할 수 있었다.

따라서, 복부일반촬영에서 종래에 사용해왔던 것처럼 선원과 검출기간의 거리를 꼭 100 cm로 제한하여 촬영하기 보다는 100 cm이상으로 촬영 함으로써 영상의 질도 유지하며, 입사표면선량을 더 줄일 수 있어 피폭선량을 감소시킬 수 있는 방안에 기여할 수 있을 것으로 사료된다.

## V. 참고문헌

1. Turai I, Veress K, Gunalp B, et al. Major radiation exposure. *N Engl J Med* 2002; 347: 944-947
2. UNSCEAR 2000 Report Vol. I Source and Effects of Ionization Radiation, Annex D Medical Radiation Exposure, UNSCEAR(2000)
3. IAEA: International basic safety standards for protection against ionizing radiation and the safety of radiation source. IAEA Safety series No.115. Vienna, 1996; 279-280
4. ICRP supporting Guidance 2, Diagnostic reference levels in medical imaging: Review and additional advice. ICRP committee 3, 2002.
5. 식품의약품안전청, 환자선량측정 가이드라인 2007; 방사선안전관리시리즈 No.14,.
6. 식품의약품안전청, 복부, 골반, 요추 영상의학 검사에서의 환자선량 권고량 가이드라인 2011; 방사선안전관리시리즈 No.25
7. Technical Report, Explanation material of RPL, glass dosimeter: small element system. 2000. Asahi Technvc Glass corporation.
8. 최남길, 성호진, 전주섭 등: 진단용 X-선 촬영시 부가 필터 및 노출의 변화에 따른 피폭선량 및 영상화질 비교 연구; 2012. 방사선방어학회 vol 37.
9. You-hyun Kim: Methods for Measurement of Entrance Surface Dose and Roles of Radiation technologist: *Journal of radiological science and technogy*; 2005. 28(3):183
10. Van Soldt RTM, Zweers D, Van den Berg L, et al. Survey of posteroanterior chest radiography in the Netherlands: patient dose and image qality. *Br. J. Radiol.* 76:398-405; 2003.
11. ICRP. Managing Patient Dose in Computed Tomography. ICRP Publication 87. 2000, Ann. ICRP 30 (4).
12. 원준재: 진단용 디지털영상장치의 촬영거리 변화에 따른 피폭선량에 관한 연구, 고려대학교 의용과학대학원 의용물리학과 석사논문, 2009.